

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1958

THÈSE 861

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Henri ATLAN

Externe des Hôpitaux de Paris

Né le 27 Décembre 1931, à BLIDA (Algérie)

présentée et soutenue publiquement le

**QUE PEUT-ON PENSER
DU RAYONNEMENT
DIT MITOGENETIQUE ?**

Président : Monsieur A. DOGNON (Professeur)

DACTYLO-SORBONNE

8, Rue Casimir - Delavigne
PARIS - VI^e

1958

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

--:-

Année 1958

N°

T H E S E

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Henri A T L A N

Externe des Hôpitaux de Paris

né le 27 décembre 1931 à Blida (Algérie)

--:-

Présentée et soutenue publiquement
le

--:-



QUE PEUT-ON PENSER DU RAYONNEMENT DIT

MITOGENETIQUE ?

--:-

Président : Monsieur A. DOGNON (Professeur)

--:-

DACTYLO-SORBONNE
8, rue Casimir Delavigne
PARIS
1958.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. BENARD, BROCCQ, CADENAT, CHABROL, CHAMPY,
CHEVALLIER, CHEVASSU, DEBRE, DELBET, DONZELOT,
GASTINEL, GUILLAIN, HALPHEN, HARVIER, HAZARD,
HEUYER, LAROCHE G., LAUBRY, LEMAITRE, LEVY-SOLAL,
LHERMITTE, LIAN, LOEPER, MARION, MATHIEU, MOCQUOT,
MONDOR, MONOD, MULON, OLIVIER, OMBREDANNE, STROHL,
TANON, VELTER.

DOYEN Léon BINET
Membre de l'Institut
ASSEESSEUR Jean VERNE

I.- PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	CORDIER
Anatomie pathologique	DELARUE
Bactériologie	FASQUELLE
Biologie app. à l'Education phys. } et aux Sports	CHAILLET-BERT
Biologie Médicale	FAUVERT
Cancérologie méd., sociale	BERNARD J.
Carcinologie	REDON
Chimie Méd.	JAYLE
Clinique Chir.	{ Hôtel-Dieu MENEGAUX
	{ Salpêtrière MOULONGUET
	{ Cochin QUENU
	{ Beaujon SICARD
Clinique Chir. cardio-vasculaire	G. d'ALLAINES
Clinique Chir. réparatrice et } orthop.	MERLE d'AUBIGNE
Clinique de Cardiologie	MOUQUIN
Clinique Chir. infantile et } d'orthop.	FEVRE
Clinique Chir. pleuro-pulm.	MATHEY
Clinique de la Tuberculose	BERNARD Et.
Clinique de neuro-chir.	PETIT-DUTAILLIS
Clinique de Puériculture	LELONG
Clinique des maladies cutanées } et syphilitiques	DEGOS
Clinique des mal. du sang	MARCHAL
Clinique mal. du système nerv.	ALAJOUANINE
Clinique des maladies des enf.	CATHALA
Clinique des maladies infectieuses	MOLLARET
Clinique des Maladies mentales et } de l'encéphale	DELAY

MM.

Clinique du diabète sucré et des maladies de la nutrition	) BOULIN
Clinique gynécologique	FUNCK-BRENTANO
	{ BARIETY
Cliniques Médicales	{ JUSTIN-BESANÇON
	{ MOREAU
	{ de GENNES
Clinique Méd.hydro-climat.thérap.	DEBRAY
Clinique Médicale Propédeutique	{ PASTEUR VALLER
	{ RADOT
	{ LANTUEJOUL
Cliniques Obstétricales	{ VARANGOT
	{ LACOMME
Clinique ophtalmologique	RENARD
Clinique oto-rhino-laryngologique	AUBIN
Clinique psychiatrique infantile	MICHAUX
Clinique rhumatologique	COSTE
Clinique stomatologique	DECHAUME
Clinique urologique	FEY
Embryologie	GIROUD
Génétique	LAMY
Histoire de la Méd. et de la Chir.	SOULIE
Histologie	VERNE
Hygiène et Clinique Ière Enfance	TURPIN
Hygiène et Méd.Préventive	JOANNON
Médecine du Travail	DESOILLE
Médecine Légale	PIEDELIEVRE
Parasitologie et hist.nat.Méd.	GALLIARD
Pathologie chirurgicale	COUVELAIRE
Pathologie exotique	LAVIER
Path.expérimentale et comparée	LENEGRE
Path.Hum. et Immun. exp.	MERKLEN
Pathologie médicale	DECOURT
Path. et Thérapeut.générales	GARCIN
Pédiatrie sociale	JULIEN MARIE
Pharmacologie et matière méd.	CHEYMOL
Physico-chimie méd.	N..
Physiologie	BINET
Physique médicale	DOGNON
Problèmes alimentaires (ch.t.pers.)	HAMBURGER
Radiologie Médicale	DESGREZ
Technique chirurgicale	PATEL
Thérapeutique	BROUET
Thérapeutique chirurgicale	SENEQUE
Thérapeutique médicale	LEMAIRE

II.- PROFESSEURS SANS CHAIRE
MAITRES DE CONFERENCES-AGREGES ET AGREGES

MM.		MM.	
Anatomie	{ CABROL	Pat.chir.	{ DUBOST
	{ DEBEYRE		{ FAUREL
	{ DELMAS		{ FLABEAU
	{ OLIVIER G.		{ GERMAIN
Ana.Path.	{ Melle GAU-	Pat.expéri-ment.	{ GOSSET
	{ THIER V.		{ LAURENCE
	{ BUSSER		{ LORTAT-JACOB
	{ GOUYGOU		{ OLIVIER (Cl.)
Bactério- logie	{ CHRISTOL	Pat.expéri-ment.	{ POILLEUX
	{ NEVOT		{ THOMERET
Biol.Méd.	BOURLIERE		{ VERNE (J.M.)
Chimie Méd.	{ ETTORI		{ MAURICE
	{ POLONOVSKI J.	Path.Méd.	{ LOEPER
Dermato-syph.	DUPERRAT		{ BOUVIER
Embryologie	TUCHMANN		{ BOUDIN
Histologie	{ COUJARD		{ BRICAIRE
	{ N.	Path.Méd.	{ BRISSAUD
Hydrologie	CORNET		{ CASTAIGNE
Hygiène	{ BOYER		{ CONTE
	{ DEPARIS		{ DEROT
Mal.infect.	BASTIN		{ DOMART
Médecine légale et du Trav.)	{ DEROBERT		{ LAMOTTE
	{ GAULTIER	Pédiatrie	{ LAROCHE
	{ HADENGUE		{ MACREZ
Neurochir.	DAVID		{ MILLIEZ
Neurologie	LHERMITTE		{ PEQUIGNOT
	{ GRASSET	Pharmacol.	{ PERRAULT
	{ LE LORIER		{ RAMBERT
	{ LEPAGE		{ ROYER
	{ MERGER		{ THIEFFRY
	{ MORIN	Physiol.	{ TURIAT
	{ RAVINA		{ WOLFROMM
Obstétrique	{ ROBEY		{ POLONOVSKI Cl.
			{ MOZZICONACCI
Ophtal- mologie	{ BREGEAT	Pharmacol.	{ JOSEPH
	{ DESVIGNES		Melle LEVY
Orthopédie	JUDET	Physiol.	{ BARGETON
Oto-rhino- laryngol.)	{ AUBRY		{ DEJOURS
	{ MADURO	Physique	{ PARROT
Parasito.	BRUMPT		{ DJOURNO
Parasito col.	CHABAUD	Médicale	{ GOUGEROT
	{ ABOULKER		{ PNEUMO-PHTIS.
Path.chir.	{ BARCAT	Psychiatrie	{ KREIS
	{ BAUMANN		{ BARUK
	{ CAUCHOIX		{ PICHOT

A ma Femme

A mes Enfants

A mes Parents



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A Monsieur le Professeur DOGNON

Professeur de Physique Médicale à la
Faculté de Médecine de Paris,
Membre de l'Académie nationale de
Médecine
Chevalier de la Légion d'Honneur

Qui nous a fait l'honneur
d'accepter la présidence
de cette thèse.
En hommage de notre
respectueuse reconnaissance.

A Monsieur R.O. PRUDHOMME

Docteur ès Sciences de la Faculté
des Sciences de Paris

Pour ses bienveillants
conseils.

En témoignage de notre
profonde reconnaissance.

A nos Maîtres dans les Hôpitaux

Externat des Hôpitaux de Paris

Monsieur le Docteur THALHEIMER
Monsieur le Docteur LEREBOULLET
Monsieur le Professeur BENARD
Monsieur le Docteur FOUQUET
Monsieur le Docteur de GRACIANSKY
Monsieur le Docteur BERARD
Monsieur le Docteur DESNOYERS

Internat de l'Hôpital de Saint-Denis

Monsieur le Docteur DAVID

QUE PEUT-ON PENSER DU RAYONNEMENT
DIT MITOGENETIQUE ?

-:-

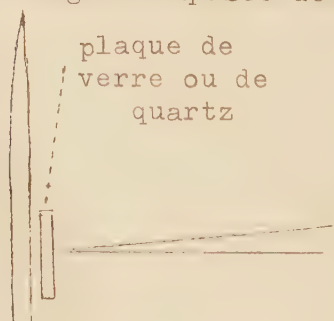
Lorsqu'on envisage le problème des différentes formes d'énergie produites par la matière vivante, après avoir constaté l'existence d'énergie mécanique, calorifique, chimique, électrique, il est naturel de se demander si la matière vivante ne produit pas aussi de l'énergie rayonnante ; d'autant plus qu'il existe quelques cas très particuliers, tels ceux des vers-luisants ou des lucioles, dans lesquels cette production est évidente, sous forme de radiations lumineuses.

Les poissons torpilles ont d'abord constitué un cas isolé d'être vivant produisant de l'énergie électrique ; puis, grâce à des appareils de détection de plus en plus sensibles on s'est aperçu que c'était un phénomène général à la matière vivante. De la même manière, est-il normal de se demander si l'émission de radiations n'est pas une propriété générale de la matière vivante, que lucioles et vers luisants posséderaient avec une plus grande intensité, comme les poissons torpilles pour la production d'énergie électrique.

Cette question n'a pas qu'un intérêt spéculatif, car, la découverte des phénomènes électriques chez les êtres vivants a permis une connaissance plus précise et une compréhension plus grande des phénomènes biologiques, et si l'existence de radiations émises par la matière vivante était prouvée, se poserait tout aussitôt la question du rôle normal et pathologique de ces radiations dans les phénomènes biologiques. Depuis 1923, de très nombreux chercheurs

se sont penchés sur ce problème, et pourtant, la question reste toujours posée quant à l'existence même de radiations, à plus forte raison de leur action. Cela tient, comme nous le verrons, aux difficultés propres de cette recherche, mais aussi au fait qu'elle ait été handicapée par le climat dans lequel elle a été menée, au moins à son début : c'était celui de la controverse sur les rayons mitogénétiques de Gurwitsch, controverse passionnée, d'où la rigueur scientifique dans l'auto-critique fut trop souvent absente, et qui a laissé dans les esprits un arrière-goût de charlatanisme, qui tout naturellement s'est reporté sur la question dans son ensemble et tout ce qui y touche. On conçoit d'ailleurs qu'il faille se méfier terriblement en ce domaine où il existe des convictions, qui bien que non fondées scientifiquement, n'en sont pas moins fortes ; et cela aurait dû être une raison supplémentaire pour garder toute l'objectivité et la rigueur désirables, dès le début, dans cette recherche.

En 1923, Gurwitsch (1) à Leningrad, publiait l'expérience suivante : l'extrémité d'une racine d'oignon était mise à proximité d'une autre racine ; au moyen de coupes pratiquées sur cette deuxième racine, il observait une augmentation du nombre des cellules en mitose dans le demi-cercle exposé à la première racine, par rapport au côté non exposé. Les deux racines étaient enveloppées dans des manchons en verre, sauf l'extrémité de la première et la région exposée de la seconde. Ce phénomène



disparaissait si l'on interposait une plaque de verre, mais persistait malgré une plaque de quartz. D'où la notion d'action mitogénétique - c'est-à-dire capable d'augmen-

ter le nombre des mitoses -, à distance. Etant donné l'arrêt du phénomène par le verre et non par le quartz, l'hypothèse immédiatement soulevée fut celle d'un rayonnement ultra-violet. Cette expérience fut reprise par de nombreux auteurs dont certains obtinrent les mêmes résultats, d'autres des résultats négatifs : à partir de ce moment, au lieu de s'attacher à préciser et à uniformiser les conditions d'expérience, de telle sorte que les résultats, positifs ou négatifs, ne soient plus contestables parce que reproductibles, les chercheurs se sont divisés en deux groupes : les uns étaient convaincus à la fois de l'existence d'un rayonnement ultra-violet et de son action mitogénétique, une chose vérifiant l'autre : dès lors, leurs expériences n'avaient pour but que de découvrir de nouvelles sources à ce rayonnement, et de perfectionner ses moyens de détection. Et lorsqu'on s'aperçut que les moyens de détection physiques de l'époque (plaques photographiques les plus sensibles) infirmaient l'existence de ce rayonnement, ils alléguèrent la possibilité d'une sensibilité des détecteurs biologiques, plus grande, et continuèrent leur chemin sans chercher à réfuter les arguments qui leur étaient opposés. Les autres, convaincus de la non-existence de ce rayonnement, à cause des résultats négatifs de leurs expériences, s'attachaient à démontrer les fautes de technique des premiers, et à découvrir des facteurs pouvant expliquer leurs résultats positifs, autres que des phénomènes de rayonnement. Et c'est ainsi, qu'alors même que l'existence de tout rayonnement était contestée par un très grand nombre de savants, d'autres (3) en étaient arrivés à lui reconnaître de très nombreuses sources biologiques et chimiques, à mesurer sa longueur d'onde et son intensité, à apprécier ses propriétés bio-

logiques d'action et d'inhibition mitogénétiques, d'induction sur des récepteurs biologiques ou même chimiques d'un rayonnement secondaire, et même enfin à en faire une analyse spectrale ; c'est ainsi qu'ils parlèrent de spectres d'émission de cultures de bactéries, du sang, de nerf excité, de muscle en contraction, de certaines réactions chimiques d'oxydation, de glycolyse, etc..., etc... Lorsqu'on connaît les pertes par dispersion qu'un rayonnement subit en traversant un spectroscope, on conçoit que ceux qui n'arrivaient même pas à mettre en évidence ce rayonnement, aient pu sérieusement mettre en doute la valeur des expériences de ceux qui en étaient déjà à son analyse spectrale ! Et d'autant plus que ceux-ci ne se préoccupaient pas de convaincre leurs adversaires, autrement qu'en publiant leurs propres résultats souvent sans donner une description suffisamment détaillée des conditions d'expériences, pour que celles-ci puissent être reproduites.

Pourtant, quelques savants, à partir des années 1933, tentèrent une approche plus objective de ce problème ; certains, en s'appuyant sur des moyens de détection physique plus perfectionnés, purent dissocier le problème de l'existence de rayons de celui de ses propriétés mitogénétiques. Plusieurs d'entre eux obtinrent des résultats positifs dans des domaines bien limités. Notre objet est de dégager de la masse des publications faites à ce sujet, des lignes directrices pour une reprise éventuelle de ces recherches. Il nous semble en effet avec A. Hollaender (5) que "le problème du rayonnement mitogénétique est trop important pour garder le préjudice que lui ont porté les publications irresponsables de certains des premiers chercheurs". Nous commencerons notre étude par celle des méthodes

de détections biologiques, puis physiques;

Nous envisagerons ensuite les différentes sources de rayonnement expérimentées ; enfin, les propriétés physiques et biologiques attribuées à ce rayonnement.

° °

I.- LES METHODES DE DETECTION BIOLOGIQUES

-:-

Elles furent les premières et pendant longtemps les seules utilisées. Elles consistent en la recherche de modifications du développement de tissus animaux ou végétaux, de cultures microbiennes ou d'oeufs, provoquées par l'exposition à distance, la source présumée du rayonnement, cellules vivantes, extraits d'organes, réactions chimiques in vitro ; ces modifications apparaissent malgré l'interposition d'un écran de quartz ou de fluorine. Elles apparaissent le plus souvent, mais pas toujours, comme une augmentation du nombre des divisions cellulaires. Dans tous les cas, elles sont appréciées par comparaison avec des lots témoins placés exactement dans les mêmes conditions d'expérience, sauf en ce qui concerne leur exposition à la source étudiée : soit, on remplace celle-ci par une culture identique mais tuée, soit on interpose un écran de verre au lieu du quartz.

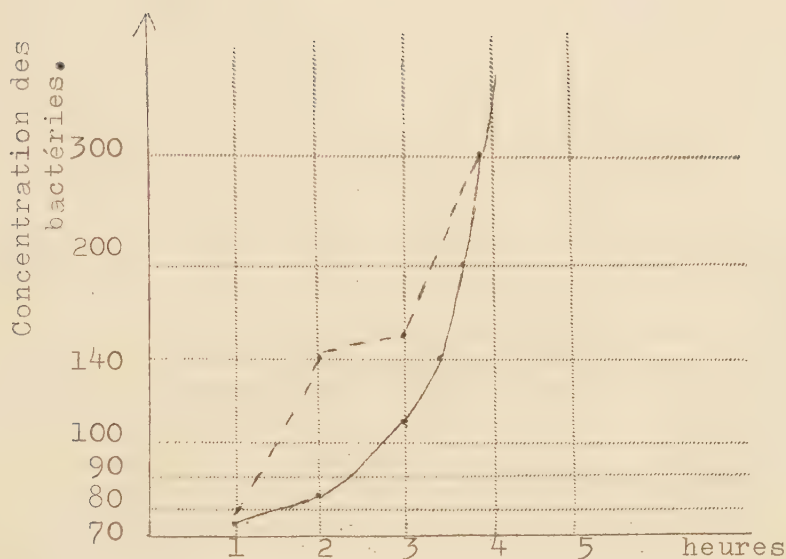
Après les racines d'oignon des premières expériences, on utilisa :

1° - des cultures de bactéries (Gurwitsch) (1) (4). On comptait non pas les bactéries elles-mêmes, mais le nombre des colonies visibles développées après ensemencement de la culture exposée, que l'on comparait à celui obtenu par une culture identique non exposée.

Cette méthode fut vite remplacée par les suivantes :

2° - des levures (Gurwitsch (4), Hollaender (6)) : les levures se reproduisent par bourgeonnement puis séparation du bourgeon d'avec la cellule-mère. Certains comptaient le pourcentage de bourgeons présents sur les cellules, d'autres, le nombre total de cellules dans la culture exposée, comparés à ceux de cultures témoins ; d'autres enfin le volume des levures de la suspension. Ces méthodes sont forcément approximatives et Gurwitsch lui-même (3) soulignait les difficultés d'appréciation du nombre de bourgeons étant donné notamment les différences de tailles possibles des bourgeons et leur confusion possible avec des cellules déjà divisées mais paraissant accolées à d'autres sur la préparation. Gurwitsch reconnaissait qu'un certain entraînement était nécessaire, et l'on ne peut donc s'empêcher de craindre que cette méthode ne soit pas à l'abri d'une certaine subjectivité.

3° - Bien moins incertaine apparaît l'utilisation de courbes de croissances de bactéries (*Escherichia Coli*) par Wolff et Ras (7), O. Rahn (10) (11), Hollaender (6) : l'établissement de courbes de concentrations des bactéries mesurées d'heure en heure après l'ensemencement d'une culture, montre qu'une culture fraîchement repiquée présente une phase de latence avant de commencer à se



— Courbe de croissance typique

- - - après exposition

(d'après Wolff et Ross cités par Hollaender)

reproduire. La durée de cette phase de latence est constante pour des conditions de culture identiques.

Certains auteurs ont observé un raccourcissement de cette phase de latence après une exposition de quelques minutes à une source biologique. Cette méthode a l'avantage d'être basée sur une étude étalée dans le temps, de la croissance des bactéries, et non sur un dénombrement unique, pratiqué une fois au hasard, après l'exposition.

4° - D'autres détecteurs biologiques ont été employés :

- épithéliums de cornée (yeux de triton, de rat ou de grenouille) par Anna Gurwitsch et Anikin (2), puis Naville (12) qui présen-

tèrent une augmentation du nombre des mitoses.

- oeufs d'oursins par Maxia (13), d'annelides par Salkind, Potozky et Zoglina (14), qui réagirent par une segmentation plus intense et plus rapide des lots exposés.

- enfin, Gesenius (15) mesura le métabolisme de fermentation des levures, qu'il trouva augmenté de 10,8 pour 100 en moyenne, dans une forte proportion de cas.

5° - Résultats de ces différentes méthodes :

Comme cela s'est produit presque toujours dans l'étude de cette question, ces méthodes ont presque toutes donné des résultats positifs ou négatifs suivant les expérimentateurs qui les utilisaient.

Sans nous étendre sur les résultats contradictoires obtenus avec les méthodes des racines d'oignons ou du dénombrement des colonies de bactéries, signalons les résultats positifs obtenus par Gurwitsch et ses élèves avec la méthode des levures et négatifs par Hollaender avec la même méthode. Nous avons vu que cette méthode ne supprimait pas toute subjectivité dans l'appréciation des résultats.

Wolff et Ras, avec la méthode des courbes de croissance de bactéries, obtinrent des résultats positifs, en prenant la précaution supplémentaire d'entourer l'émetteur d'un tube de quartz bouché (7) (8).

O. Rahn (10) obtint les mêmes résultats en utilisant les cultures de bactéries à la fois comme détecteurs à leur phase de latence et comme émetteurs à leur phase de croissance.

A. Hollaender (6) utilisant la méthode des levures et celle des courbes de croissance, s'entoura d'un maximum de précautions pour éliminer des causes de perturbations possibles - malgré l'emploi de lots témoins assurant que si ces causes existent, elles se retrouvent pour ceux-ci aussi bien que pour les lots exposés -. C'est ainsi qu'il se protégea :

a) des radiations ultra-violettes intercurrentes, pouvant provenir de la lumière du jour ou des lampes, estimant que des radiations ultra-violettes d'intensités plus grandes que celles mises en jeu dans les rayons mitogénétiques, pouvaient être produites par la lumière du jour ou des lampes électriques.

b) de charges électrostatiques

c) et même de "radiations" ou influences éventuelles du corps humain ! Dans ces conditions tous ses résultats furent négatifs.

Hollaender lui-même (6), comparant ses résultats avec ceux des auteurs précédents, soulignait que ceux-ci, qui avaient obtenu des résultats positifs avaient constaté des "périodes de défaillance" des détecteurs biologiques, pour l'explication desquelles ils invoquaient des causes aussi variées qu'invérifiées : changements climatiques, rayons cosmiques, tâches solaires, champs magnétiques terrestres, changement de la sensibilité de la culture détectrice, voire même des radiations humaines ! De plus Hollaender supprimait des radiations intercurrentes de la lumière du jour alors que certains auteurs ont signalé n'avoir de résultats positifs avec les levures qu'à la lumière du jour. Si ceci était confirmé, une autre cause de "défaillance" pourrait être

trouvée dans la nécessité pour les cultures détectrices, d'être soumises à une certaine dose de radiations intercurrentes, de sorte que les radiations en provenance de sources étudiées soient surajoutées et fassent dépasser un certain seuil, ce qui ne serait plus le cas lorsque les radiations intercurrentes sont supprimées. La présence de radiations intercurrentes, même d'intensité plus grande que celles éventuellement mises en jeu par les rayons mitogénétiques, loin d'empêcher la mise en évidence de ces rayons, en serait une condition nécessaire, à condition bien entendu, que les résultats ne soient appréciés que par comparaison avec des cultures témoins exposées aux mêmes radiations.

Nous verrons plus loin qu'une hypothèse analogue a pu être soulevée à propos d'essais d'impressionner des plaques photographiques qui, selon Reiter et Gabor (36) ne réussiraient qu'en présence d'un minimum de lumière du jour.

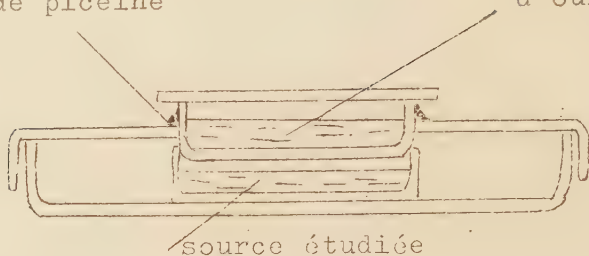
Quoi qu'il en soit, on voit ici combien il est dommage que les auteurs qui ont publié des résultats positifs n'aient pas plus cherché à préciser les conditions expérimentales dans lesquelles ils les avaient obtenus, afin de préciser ces causes de "défaillances", autrement que par des hypothèses, et on conçoit que Hollaender ait pu se demander quel était le pourcentage de "réussites" par rapport à celui des "défaillances" !

5° - Nous avons voulu isoler les expériences de J. Magrou, qui s'est attaché à rechercher un matériel biologique dont les modifications puissent être facilement décelées et comptées, de telle sorte que ses résultats n'aient pu être contestés ; mais, dans ce cas, comme nous allons le voir, la contes-

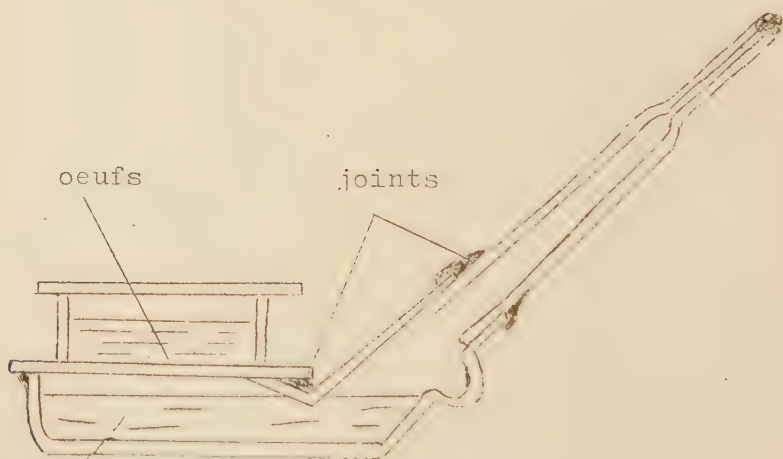
tation a porté sur l'interprétation des résultats : devaient-ils être rapportés à un autre phénomène qu'une radiation ? Nous ne ferons que citer les expériences faites avec Madame Magrou et Monsieur le Pr. Roubaud (17) sur les oeufs d'*aedes aegypti* : certains oeufs de ces moustiques, dits "durables", renferment une larve prête à éclore mais affectée d'un état d'inertie dont elle ne se libère que sous des actions excitatrices extérieures. Leur éclosion a été obtenue en les exposant à travers une lame de quartz à des suspensions de *Bacterium tumefaciens* ou de staphylocoques.

Dans ses principales expériences, J. Magrou (16) (17) utilisait des oeufs d'oursins (*Paracentrotus lividus*) fécondés, qui, en se développant, donnent normalement naissance à des larves ou pluteus, de forme caractéristique, de type pyramidal, avec un sommet postérieur et 4 longs appendices, ou bras, antérieurs. Il répartissait des oeufs d'oursins provenant d'une même ponte et fécondés avec le même sperme, dans de petits cristallisoirs formés par un anneau de verre scellé à la paraffine sur une glace de quartz fondu, épaisse de 0,3 à 0,5 mm, ou dans des cuves de quartz d'une seule pièce. Chacun de ces récipients était posé sur une cuve de même diamètre, renfermant, en suspension épaisse, les micro-organismes étudiés (suspensions en bouillons peptonés de *Bacterium tumefaciens*, de staphylocoques, en solutions sucrées de levures, en lactoserums de ferments lactiques, ou solutions de glucose additionnées de réactifs oxydants : eau oxygénée, permanganate, bichromate ou ferricyanure de Potassium). Dans les lots témoins, constitués par des oeufs de même origine, la plaque de quartz était remplacée par une plaque de verre, ou la suspen-

joint de paraffine oeufs
ou de picéine d'oursins



sion bactérienne vivante par de l'eau de mer, du bouillon stérile, ou une suspension bactérienne tuée par la chaleur. Pour être certain que l'action se faisait à distance, et non par des traces matérielles, qui émanées de la source étudiée, atteindraient les oeufs en contournant le quartz, il utilisa des joints paraffinés puis picéinés, entre l'anneau de verre et la plaque de quartz, puis enferma les différentes sources étudiées dans des récipients hermétiquement clos, fermés sur leur face supérieure



source contenue dans un récipient
hermétiquement clos.

(ou inférieure) par une plaque de quartz scellée à la picéine, placés au-dessous (ou au-dessus) de suspensions d'oeufs d'oursins. Nous verrons comment cette question de l'étanchéité des récipients et de la possibilité d'action par des traces matérielles fut contestée par la suite. Les résultats qu'il obtenait consistaient dans le développement



schémas de
pluteus

normaux



anormaux

en 48 heures, chez les lots exposés, de larves anormales, pluteus de formes aberrantes, opaques et dépourvus de bras, alors que les lots témoins donnaient des pluteus normaux. Deux conditions paraissaient essentielles :

- maintien des élevages d'oeufs d'oursins à une température de 22° à 23° , à laquelle les témoins donnent d'ailleurs des pluteus tout à fait normaux.

- les suspensions bactériennes étudiées doivent rester homogènes : dans les cas où les bactéries se sont, pour une cause inconnue, fortement agglutinées, les résultats ont été nuls ou peu prononcés.

Le phénomène se produisait aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité. Sur plusieurs centaines de lots exposés dans ces conditions favorables, à des microorganismes vivants ou des réactions chimiques, il atteignit une proportion de 98,6 % de lots donnant des développements anormaux, - avec coexistence d'ailleurs, dans chaque lot, au milieu de pluteus anormaux, de larves normales en plus ou moins grande quantité. Les lots-témoins,

en quantités de même ordre, ne développèrent que des pluteus normaux. 18 lots exposés à des sources contenues dans des récipients hermétiquement fermés se sont tous développés de façon anormale, alors que 22 témoins, placés dans les mêmes conditions se sont développés normalement.

Dans deux autres séries d'expériences, J. Magrou exposa non plus des oeufs fécondés, mais des gamètes : sperme pendant 20, 30 ou 45 minutes pendant lesquelles du sperme était conservé dans des conditions rigoureusement identiques à l'exposition près, afin de servir de témoins. Après fécondation avec des oeufs d'une même ponte, il observait des larves anormales dans les lots provenant du sperme exposé. De même, en exposant des oeufs non fécondés pendant 2 heures ou 2 heures et demie.

J. Magrou interprétait ces résultats comme la preuve d'une action à distance, à travers le quartz, arrêtée par le verre, à rapprocher des expériences précédentes d'induction mitogénétique. Bien que les oeufs d'oursins n'aient pas réagi par une division cellulaire exagérée, entraînant une segmentation plus rapide, par exemple, J. Magrou notait que les larves déformées présentaient un excès de cellules mésenchymateuses et que cette surproduction de mésenchyme pouvait justifier une comparaison avec l'effet mitogénétique proprement dit.

Il semble bien que la réalité des résultats obtenus par J. Magrou sur les oeufs d'oursins n'ait pas été contestée. Mais, devant l'impossibilité de mettre en évidence un rayonnement par les plaques photographiques les plus sensibles - qui étaient

alors les meilleurs détecteurs physiques dont on put disposer -, certains auteurs cherchèrent à ces phénomènes d'autres explications que celle d'un rayonnement.

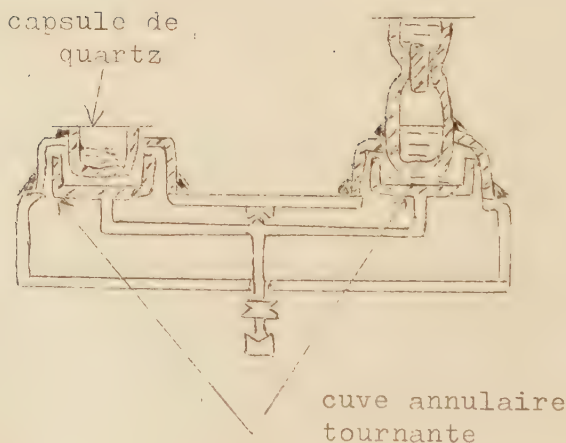
C'est ainsi que Reiss (18) émit une hypothèse électrique selon laquelle l'action sur les oeufs d'oursins était due à la création par les sources actives d'une différence de potentiel d'oxydation qui expliquait que, dans certaines de ses expériences, le phénomène persistait si l'on remplaçait le quartz par 2 lames de verre alors qu'il disparaissait avec une seule lame. Il obtenait le même résultat à l'aide d'une batterie (mais le développement anormal des pluteus n'est pas du tout spécifique et peut se rencontrer après toutes sortes d'agressions). Et il supprimait le phénomène en réunissant les 2 lames par une feuille d'aluminium qui supprimait la différence de potentiel.

Mais ces expériences très curieuses rapportées par Reiss, avaient donné entre ses mains des résultats tout à fait contradictoires, dans une première série faite à Roscoff avec J. Magrou et il attribuait ceci aux perturbations électriques dues à l'humidité de l'atmosphère en ce lieu. J. Magrou rejeta pour sa part, cette hypothèse par la suite (17).

Mais ce fut surtout Nine Choucroun (19) qui, par une série d'expériences très ingénieuses porta un coup très sérieux à la théorie du rayonnement, dans l'explication des phénomènes décrits par J. Magrou. Elle refit ces expériences, en cherchant au maximum à supprimer les causes de dissymétrie et d'hétérogénéité, afin de préciser les raisons pour lesquelles certains lots d'oeufs

d'oursins exposés échappaient à l'action des cultures et se développaient normalement. C'est ainsi qu'elle commença par utiliser des oeufs d'oursins provenant d'une même ponte, fécondés tous dans un même récipient, par le même sperme. Dans ces conditions, alors que tous les lots témoins se développaient normalement, les lots exposés présentaient des anomalies dans la proportion de 80 %. Ce qui était choquant n'était pas tant qu'il y eut des larves normales au milieu des autres, mais que des lots tout entiers se développaient normalement. Voulant pousser l'uniformisation des conditions d'expérience aussi loin que possible, N. Choucroun n'utilisa qu'une seule culture comme source active sur tous les lots exposés d'une expérience ; de plus, cette culture, disposée dans une cuve annulaire

flacon de quartz
avec sa rigole
d'eau de mer entourant
le bouchon



tournait au-dessous des lots d'oursins maintenus immobiles afin de réaliser l'homogénéité de l'irradiation supposée. Dans ces conditions, bien que le pourcentage des lots anormaux sur les lots exposés fût plus grand, il persistait encore quelques lots se développant normalement. Aussi, N. Choucroun, rejetant l'hypothèse d'un rayonnement, eut l'idée d'un apport matériel provenant des vapeurs émises par la culture et se propageant sous forme de film monomoléculaire le long des parois du récipient et à travers les joints paraffinés ou picéinés. C'est pour cela qu'elle remplaça, dans une autre expérience, quelques capsules de quartz contenant les oeufs d'oursins, par des flacons de quartz, bouchés à l'émeri et dont le bouchon était entouré d'une rigole remplie d'eau de mer, fréquemment renouvelée : aucun lot, placé dans ces flacons ne présenta d'anomalie.

Dans l'hypothèse d'un rayonnement, on comprend mal comment ces rigoles d'eau arrêteraient les rayons, alors qu'au contraire on conçoit facilement que des traces matérielles se propageant le long des parois se dissolvent dans l'eau renouvelée, et que de ce fait le phénomène disparaisse.

Mieux, dans une autre série d'expériences (20), elle commença par exposer à l'influence d'une culture de bactéries de l'eau de mer contenue dans des capsules de quartz bouchées et n'y plaça des oeufs d'oursins qu'après avoir enlevé la culture : les oeufs se développèrent anormalement : l'eau de mer avait donc subi une influence qui persistait après élimination de la source, phénomène difficilement compréhensible s'il s'agit d'une influence par rayonnement. Enfin, quand l'eau de mer était contenue dans les flacons

bouchés décrits plus haut, les oeufs s'y développaient normalement.

Il est regrettable que tout ceci se soit arrêté là, et notamment que personne n'ait cherché à vérifier cette hypothèse de N. Choucroun, intéressante en soi, et en tous cas à préciser la cause des ces phénomènes observés sur les oeufs d'oursins.

Nous nous sommes étendus sur la description de ces expériences, d'abord parce qu'elles ont abouti à poser quelques problèmes qu'il serait intéressant de résoudre, et aussi pour montrer les difficultés auxquelles se heurte l'utilisation des détecteurs biologiques dans la mise en évidence d'un rayonnement : alors même que les difficultés d'ordre expérimental sont vaincues, et que, les expériences étant reproductibles, les résultats ne sont plus contestés, il reste toujours à prouver que ceux-ci, qui ne sont pas spécifiques, sont bien dûs à un rayonnement. C'est pourquoi ces méthodes biologiques doivent-elles être au maximum confrontées avec des méthodes proprement physiques.

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que les cellules vivantes peuvent être beaucoup plus sensibles à certains phénomènes que des appareils physiques très perfectionnés, et J. Magrou (16) avait fait l'expérience suivante : des oeufs d'oursins fécondés avec du sperme exposé 30 minutes à 4 cc d'une solution de Nitrate d'Uranium à 35,78 % se sont développés de façon très anormale (les témoins correspondant étant normaux) alors que cette solution n'avait donné en 30 minutes de pose aucune impression photographique. Des faits analogues ont pu

être constatés en d'autres domaines tels l'électrophysiologie nerveuse ou la photosynthèse par exemple, dans lesquelles des phénomènes électriques ou de photosensibilité sont soupçonnés chez les cellules vivantes bien avant que des appareils physiques soient capables de les détecter ou de les reproduire. Et A. Hollaender (5), à propos de la méthode des courbes de croissance des bactéries exposée plus haut, attirait "l'attention des physiciens sur les possibilités offertes par les caractéristiques de croissance des microorganismes comme indicateurs extrêmement sensibles de facteurs physiques et chimiques". De même dans la question qui nous préoccupe, tant qu'un rayonnement ne peut être mis en évidence physiquement, il ne peut pas être affirmé, mais si on peut raisonnablement soupçonner son existence grâce à des détecteurs biologiques, le jugement ne peut qu'être suspendu, et constituer une hypothèse qu'on ne peut pas non plus rejeter a priori.

C'est pourquoi les méthodes de détection biologiques gardent tout de même leur intérêt, à condition encore une fois, d'être confrontées autant qu'il est possible avec des méthodes physiques.

II.- LES METHODES DE DETECTION PHYSIQUES

-:-

1° - Les premières utilisées furent des essais d'impressionner des plaques photographiques. Loos (43), Rossmann (44), Taylor et Harvey (45), Lorenz (46) exposèrent vainement les plaques les plus sensibles à des cultures ou d'autre matériel biologique, ainsi qu'à des réactions chimiques in vitro, avec des temps de pose de plus en plus longs. Hollaender (5) n'obtint aucun noircissement après exposition pendant plusieurs mois, en renouvelant chaque jour la source biologique: Cependant Protti (34) obtint le noircissement de films placés dans des tubes de quartz, et introduits dans le péritoine ou divers tissus d'un lapin ou d'organismes végétaux. Mais, comme le notait A. Dognon en 1936 (35), "cette expérience n'est pas à l'abri de toute critique si l'on tient compte de la quantité non négligeable de lumière visible qui peut, à travers les tissus, pénétrer jusqu'au récepteur photographique", et du fait que la "température de l'organisme suffit à elle seule à provoquer l'apparition d'un voile". Reiter et Gabor (36) n'ont obtenu de noircissement de plaque photographique qu'à la condition que l'ensemble soit soumis à l'action d'une lumière extrêmement faible, insuffisante pour impressionner la plaque, elle toute seule, retrouvant par là l'hypothèse d'un rayonnement intercurrent nécessaire pour que la radiation mitogénétique puisse faire dépasser un certain seuil d'intensité en deça duquel le détecteur n'est pas sensible.

Dans l'ensemble, donc, il apparaît que l'on n'ait pas pu mettre en évidence d'une façon

satisfaisante une radiation provenant de la matière vivante à l'aide des plaques photographiques les plus sensibles, en dehors de quelques expériences particulières, pas entièrement convaincantes.

2° - Stempell (37) observait une décomposition plus rapide de l'eau oxygénée en présence de pois en germination, racines d'oignons et autres sources biologiques.

Mardaschew et Mogliewsky (39), une légère réduction de l'activité des systèmes enzymatiques Arginine-Arginase et Saccharose-Saccharase, exposés à travers quartz à du sang ou d'autres sources biologiques.

Enfin Stempell et Romberg (37) (38) avaient décrit une modification de la forme des anneaux de Liesgang sous l'influence d'émetteurs biologiques. Les anneaux de Liesgang sont des anneaux concentriques de précipité qui se forment par exemple si on laisse tomber une goutte d'une solution de Nitrate d'Argent à la surface d'une plaque de gélatine contenant du bichromate d'ammoniaque. Mais Siebert (40) et Jeanneney, Wangermez et Ladignac (42) montrèrent ensuite que ce phénomène disparaissait par interposition d'une lame de quartz et que la distorsion des anneaux à l'endroit exposé aux sources biologiques était due non pas à un rayonnement mais à l'introduction de conditions d'évaporation différentes en cet endroit.

3° - Les compteurs photoélectriques.

Beaucoup plus intéressante et féconde fut l'utilisation de l'effet photoélectrique dont eurent l'idée en même temps Schreiber et Friedrich (21) et B. Rajewsky (22) en

1930, les premiers avec des cellules photo-électriques, le second un compteur de Geiger Muller modifié, le principe étant, par ailleurs, le même : lorsqu'un rayonnement lumineux ou ultra-violet tombe sur la photocathode d'une cellule photoélectrique, il se produit au niveau du métal de cette photocathode une libération d'électrons qui, s'ils sont en nombre suffisant, suffisamment accélérés par le champ électrique de la cellule, constituent un courant électrique décelable témoin du rayonnement. Mais le rapport du nombre de ces photoélectrons sur celui des quanta du rayonnement incident est voisin de 1/1000 dans l'ultra-violet ; aussi, lorsqu'il s'agit de rayonnement d'une très faible intensité, de l'ordre de 10 à 1000 photons/cm²/sec., on ne peut pas espérer plus de 1 photoélectron par seconde, constituant un courant beaucoup trop faible pour être décelable par les circuits habituels. Aussi ces auteurs eurent-ils l'idée d'utiliser une cellule contenant du gaz, et de créer une différence de potentiel juste inférieure à la tension d'allumage, afin que l'électron ait une vitesse suffisante pour ioniser le gaz et entraîner ainsi la formation d'un courant décelable, qu'un amplificateur fait passer dans un haut-parleur ; c'est ainsi que chaque photoélectron libéré peut se traduire par un coup frappé dans le haut-parleur. Ces appareils sont d'une extrême sensibilité, telle que les ultra-violets émis par la flamme d'une allumette brûlant à une dizaine de mètres déclenchent un roulement ininterrompu dans le haut-parleur qui s'arrête si l'on interpose une plaque de verre. Mais, du fait de cette sensibilité, il est impossible d'obtenir une obscurité complète et on observe, en l'absence de tout rayon-

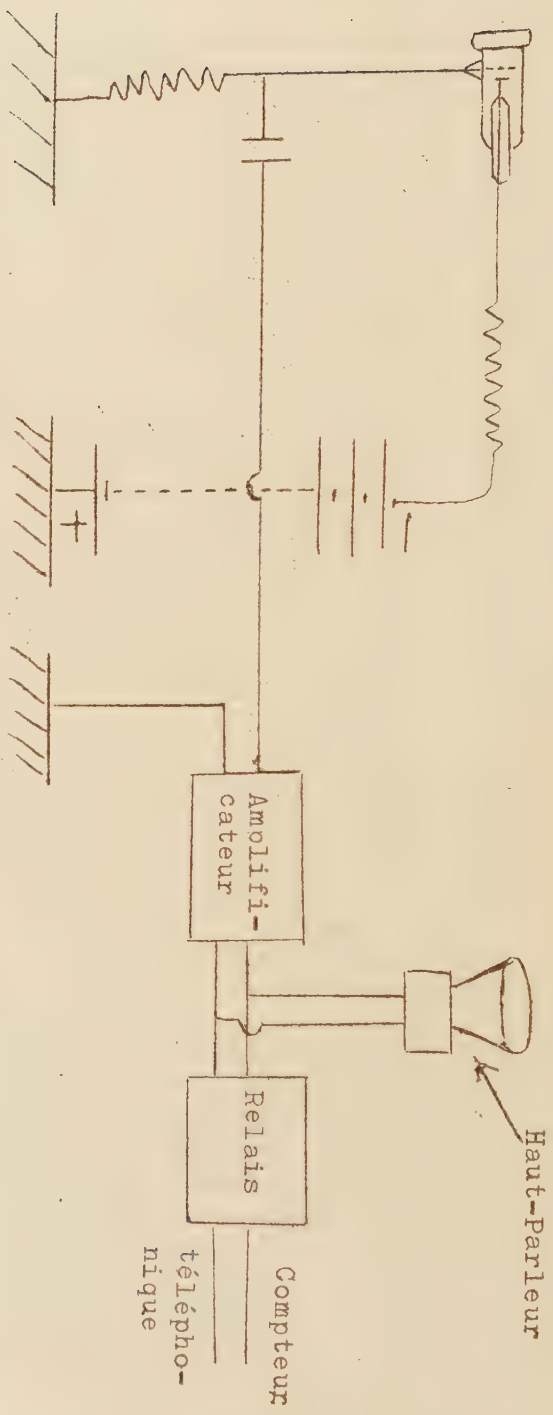
nement, des décharges spasmodiques, irrégulières, dont le mécanisme encore mal connu, dépend de nombreuses causes d'ionisation spontanée possibles : radioactivité ambiante, rayons cosmiques, etc... ; de telle sorte que, pour détecter un rayonnement au moyen de ces appareils, il faut compter le nombre de décharges à l'obscurité, puis tout de suite après, compter le nombre de décharges à l'exposition, qui est sensiblement plus élevé quand un rayonnement tombe sur la cathode.

De plus, la sensibilité de ces photocompteurs varie avec la longueur d'onde du rayonnement incident ; et la longueur d'onde à laquelle correspond le maximum de sensibilité est différente suivant le métal qui constitue la photocathode. C'est ainsi que R. Audubert étudia avec Riethmuller (26) la sensibilité spectrale d'un grand nombre de substances photosensibles qu'ils groupèrent en 3 catégories :

a) les substances dont la sensibilité croît rapidement à partir de 2400-2500 A et ne présentant aucun maximum en fonction de la longueur d'onde dans l'intervalle étudié, c'est-à-dire jusqu'à 2000 A (cuivre ioduré, sulfure de Cuivre, oxydes cuivreux et cuivrique, plomb sulfuré, plomb ioduré, oxyde noir d'étain).

b) les substances dont la sensibilité croît notablement à partir de 3300 A environ et présente un maximum dont la position dépend de la nature de la cathode (magnésium et aluminium : 2400 A, cadmium et cadmium sulfuré : 2350 A, tantale oxydé : 2250 A)

c) le zinc amalgamé qui possède un maximum vers 2500 A et conserve une sensibilité notable jusque dans le visible.



Montage de photocompound utilisé par R. AUDUBERT

C'est en utilisant des photocathodes appartenant à ces différentes catégories, notamment du CuI d'une part, de l'Aluminium d'autre part, qu'ils purent déterminer approximativement le domaine spectral de l'émission des phénomènes qu'ils ont étudiés.

Pourtant, à cause même de leur très grande sensibilité, ces photocompteurs présentent certains inconvénients. C'est ainsi que la mesure de leur sensibilité est rendue très difficile : en effet, pour étalonner les compteurs, il est nécessaire d'affaiblir dans un rapport connu un rayonnement d'intensité et de longueur d'onde connues, puisque leur sensibilité varie avec la longueur d'onde. On utilise par exemple des solutions filtres dont on connaît le coefficient d'absorption pour une longueur d'onde donnée. Mais les monochromateurs donnent toujours des rayons diffusés, de sorte qu'une faible proportion de lumière parasite tombant dans un domaine de forte sensibilité du compteur, peut n'être pas absorbée par la solution, et la mesure de la sensibilité n'a alors aucune signification physique.

De plus, ces compteurs sont extrêmement inconstants et leur sensibilité très variable ; c'est pourquoi les expériences doivent être toutes, encadrées par des mesures du nombre de décharges spontanées et leur étalonnage, fréquent. En effet, alors que, avec des conditions de fabrication apparemment analogues, il est nécessaire de construire plusieurs cellules avant d'en obtenir une ayant une sensibilité satisfaisante, il est impossible de savoir si elle gardera cette sensibilité quelques semaines ou quelques heures.

Enfin, nous avons vu qu'il existe toujours

des décharges spontanées à l'obscurité, de causes mal connues, qui font qu'un rayonnement incident ne peut se manifester que par une augmentation du nombre des décharges ; or pour que cette augmentation soit appréciée, il faut que le nombre des décharges à l'obscurité soit constant, ce qui est loin d'être le cas. Aussi, est-on forcé d'établir un nombre moyen de décharges par minute, après en avoir relevé ce nombre pendant les 10 ou 20 minutes qui précèdent l'exposition au rayonnement étudié. Si celui-ci produit une augmentation du nombre des décharges, on est forcé de fixer à cette augmentation un minimum en deçà duquel elle ne peut être prise en considération, étant donné les variations spontanées du nombre de décharges à l'obscurité. C'est ainsi que Audubert (27) considérait comme inappréciable un rayonnement ne produisant pas une augmentation du nombre de décharges, supérieure au double de l'écart moyen entre les différents nombres de décharges à l'obscurité.

Enfin, Audubert (27) déjà, notait que la sensibilité des compteurs semblait être différente suivant le nombre de décharges spontanées, alors que leur sensibilité appréciée en ergs/cm²/sec. était la même !

C'est pourquoi on est en droit de ne recevoir qu'avec une grande réserve les chiffres indiquant la sensibilité des photocompteurs que les différents expérimentateurs ont employés, et lors de ses premières expériences avec Van Doormaal en 1933 (23), Audubert, au contraire des autres, ne donnait aucun chiffre, déclarant que la sensibilité des compteurs était trop inconstante pour pouvoir être mesurée.

Par la suite, d'ailleurs, il mit au point, lui aussi, une méthode de mesure de la sensibilité de ses compteurs (27) relativement simple, mais approchée elle aussi, utilisant le rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure de 2535 Å, affaiblie par une solution d'acétone dans l'alcool dont il calculait le coefficient d'absorption.

Résultats :

Nous avons résumé dans un tableau, inspiré par Hollaender (5), les résultats obtenus par divers auteurs ayant utilisé des photocompteurs.

Rajewsky (22) obtint à partir d'oignons et de cellules carcinomateuses une augmentation de 20 à 30 pour cent des décharges sur la moyenne observée à l'obscurité pendant 40 minutes. A partir de là, il estima l'intensité du rayonnement émis à 10 à 100 quanta/cm²/sec.

Frank et Rodionov (47) obtinrent des augmentations de 30 à 60 %. A partir de la réaction Pyrogallol + NaOH, de 50 %. La réaction $K_2Cr_2O_7 + SO_4Fe$ à l'obscurité ne donna qu'une augmentation de 9 % alors qu'à la lumière visible, 30 à 60 % (la lumière visible était séparée du compteur par un monochromateur qui empêchait toute radiation ultraviolette de l'atteindre). Ils estimèrent ainsi l'intensité des radiations à 100-1000 quanta/cm²/sec.

Audubert et Van Doormaal (23) obtinrent des résultats positifs à partir de nombreuses réactions chimiques in vitro. Ils montrèrent que la longueur d'onde de la radiation, ap-

préciee grâce aux sensibilités spectrales particulières des différentes photocathodes, était caractéristique de chaque réaction ; ceci impliquait que la radiation émise par une réaction ne pouvait être décelée qu'avec un type de photocathode et non un autre. C'est ainsi qu'ils ont utilisé des cathodes en CuI pour l'extrême Ultra-Violet, en Aluminium pour les longueurs d'ondes entre 2000 et 2400 Å et en Cu_2O et CuO pour celles proches du bleu violet.²

Siebert et Seffert (41) utilisèrent simultanément deux compteurs identiques et montrèrent que les variations entre les deux compteurs dans le nombre des décharges à l'obscurité était inférieur à 3 %. Lorsque du sang, des cellules carcinomateuses, de l'urine et quelques réactions d'oxydation étaient placées devant un des compteurs, la différence entre les deux atteignait 40 à 50 %.

Barth (48) publia les résultats de plusieurs expériences qu'il ne considérait comme positives que si les différences étaient supérieures à $3 \times (N)^{1/2}$, N étant le nombre de décharges à l'obscurité. Avec une cathode en Aluminium il obtint une augmentation de 53, % avec la réaction $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SO}_4\text{Fe}$ à l'obscurité au contraire de Frank et Rodionov (voir plus haut). Avec une cathode en Cuivre, il obtint les résultats suivants :

blanc d'oeuf + suc gastrique : augmentation		
		de 21,6 %
Fibrine+pepsine+HCl	→	15 %
Fibrine+Trypsine+ CO_3Na_2	→	27,9 %
Avec une cathode en CuI		
Fibrine +Trypsine+ CO_3NaH	→	38,8 %

Auteurs	Type de cellule	Surface	Sensibilité en ergs/cm ² /sec.	λ	Méthode d'étalonnage	Matériel expérimenté	Résultats	Intensités estimées
Rajewsky 1930-31	Tube GM modifié	Cd	10^{-2} à 10^{-3}	2650 Å	Filtres de cellophane	Racines d'oignons, pulpes d'oignons, Carcinomes	++, +	10-100 quanta/cm ² /sec.
Schreiber et Friedrich 1930	cellule photo-élec modifiée	K	10^{-4}	3660 Å 2660 Å	Emulsion photographique Nicols croisés	Levures	-	<2000 q/sec
Frank et Rodionov 1932	Tube GM mod. et cell.phot. électr.mod.	Al Cd	6×10^{-3}	2537 Å	Solution filtre d'épaisseur variable	Muscle et muscle broyé de grenouille Coeur de grenouille Réactions chimiques inorganiques	+, + + +	100-1000 q/cm ² /sec
Locher 1932	Tube GM modifié					Racines d'oignons, bactéries	-,-	
Seyfert 1932	Tube GM modifié	Zn amal-gamé	5×10^{-2} 10^{-5}	2300 Å 3400 Å	Calculés à partir d'une lampe standard à 260 m	Pulpes et racines d'oignons Levures, Embryon de poulet Tumeurs de souris	-,- -,- -	<5 q/cm ² /sec <30 q/cm ² /sec <50 q/cm ² /sec.
Audubert et Van Doormaal 1933	Tubes GM mod.	CuI, CuO Cu ₂ O, Cu, Al	non constante			Réactions chimiques in vitro	+	
Siebert et Seffert 1933	Tubes GM mod.	Cd				Sang, Carcinomes, Urines Oxydations	+, +, + +	
Gray et Ouellet 1933	Tubes GM mod.	Pt	6×10^{-3}	2500 Å		Oeufs d'oursins, spermatozoaires Levures, Oxydations	-,- -,-	<50 q/cm ² /sec

- 43 -

Par des comptes à l'obscurité et à l'exposition alternés toutes les 2 minutes, il fut capable de montrer que l'intensité de l'émission de la radiation s'élevait à un maximum en 2 à 3 minutes, pour descendre graduellement en une période d'environ 20 minutes. Mais il constatait que toutes ces surfaces cathodiques montraient cependant une certaine fatigabilité.

Audubert et R. Lévy (25) mirent en évidence un rayonnement émis à partir du nerf sciatique de grenouille, excité soit électriquement, soit mécaniquement, avec des photocompteurs dont ils estimaient la sensibilité (27) à 10^{-7} à 10^{-8} ergs/cm²/sec. Ils recommandaient de n'employer un compteur que lorsqu'il présente une sensibilité suffisante et suggéraient qu'il fallait attribuer à l'absence d'un tel contrôle les résultats contradictoires obtenus dans les expériences de ce genre. L'expérience était positive avec une cathode en Aluminium et négative avec une cathode en CuI, quel que soit le mode d'excitation. Ils concluaient sur l'émission d'un rayonnement dont la longueur d'onde était probablement située entre 2300 et 2400 Å (zone de sensibilité des photocathodes en Aluminium) et l'intensité, de l'ordre de 1000 à 10.000 photons/cm²/sec.

Les mêmes (24) étudièrent des oeufs de l'amphibien *Discoglossus pictus* Otth, et trouvèrent que ces oeufs, revêtus de leur seul chorion, en cours de développement, aux stades gastrule jeune et gastrule avancée, émettent une radiation qui peut être située autour de 2000 à 2500 Å. (détectée aussi bien par des cathodes en Al, à maximum de sensibilité entre 2300 et 2400 Å, qu'en Cuivre ioduré à sensibilité croissante de 2400 à 2000 Å). Mais son intensité

n'était pas assez au-dessus de la sensibilité limite des cellules pour être évaluée avec précision et dans ce cas ils ont apprécié son existence par une méthode statistique qui consistait à mesurer : a) le nombre moyen de décharges à l'obscurité b) tous les nombres de décharges par minute pendant l'exposition aux oeufs c) puis à noter combien de ces chiffres sont supérieurs au nombre moyen (+) et combien inférieurs (-) d) enfin à voir si l'écart entre le nombre des + et des - est beaucoup plus grand qu'un écart type fourni par la simple probabilité calculée à chances égales. Par cette méthode, ils admirèrent l'existence d'un rayonnement de l'ordre, pour 25 oeufs, de 10^{-8} à 10^{-9} ergs/sec par cm^2 de cathode, c'est-à-dire de 100 à 1000 photons/ cm^2/sec . (Ils précisèrent que dans les gastrules des 2 types, le rayonnement n'est émis que par la moitié de l'oeuf dont la région préblastoporale constitue le sommet, la calotte polaire animale n'émettant rien de perceptible par les appareils).

Enfin, Audubert (26) (28) (29) (30) (31) (32) (33) publia par la suite les résultats obtenus pendant plusieurs années, à partir de très nombreuses réactions chimiques in vitro (x), grâce à des compteurs dont la sensibilité était de l'ordre de 10^{-7} à 10^{-9} ergs/ cm^2/sec atteignant exceptionnellement 5.10^{-11} ergs/ cm^2/sec ; résultats beaucoup plus nets que le précédent, dans lesquels on ne retenait comme positifs que les cas où l'augmentation du nombre de décharges était supérieure au double de l'écart moyen entre les différents comptes servant à apprécier le nombre moyen à l'obscurité. Dans ces cas, ce rayonnement, considéré comme une microluminescence chimique n'apparaissait que lorsque les concentrations des réactifs étaient très grandes

(x) voir page 56.

(de 10 à 20 % et même jusqu'à 60 et 70 %).

Mais, comme nous le voyons dans le tableau, plusieurs auteurs n'obtinrent que des résultats négatifs. La plupart d'entre eux, avaient apprécié la sensibilité de leurs compteurs et ont donné un ordre de grandeur de la limite supérieure de l'intensité d'un rayonnement émis, dans l'hypothèse -non vérifiée, donc, par leurs expériences - où il existe.

C'est ainsi que

- Schreiber et Friedrich (21), ne purent déceler aucun rayonnement supérieur à 2000 quanta/seconde,

- Seyfert (49), à 5 quanta/cm²/sec,

- Gray et Ouellét à 50 quanta/cm²/sec, à partir d'oeufs d'oursins à tous les stades de leur développement et en prenant bien soin d'isoler le compteur de vapeurs et substances volatils éventuelles, susceptibles de fausser les numérations de décharges.

- Lorenz (46) à 15 quanta/cm²/sec.

- Kreuchen et Bateman (50) n'obtinrent que des résultats négatifs après avoir éliminé toute lumière intercurrente, tout effet électrique, et fixèrent la limite supérieure d'un rayonnement hypothétique à 300 quanta/cm²/sec.

- Enfin, Hollaender (6) en 1937, prenant toutes les précautions décrites plus haut (x) n'obtint que des résultats négatifs, tant à partir de quelques réactions chimiques que d'une source biologique (*Escherichia Coli*) avec des appareils tels qu'ils donnaient 1 photo-électron sur 50.000 quanta incidents à 2300 Å et pouvant détecter ainsi des intensités d'environ 500 quanta/cm²/sec dans le court ultra-violet. Il établit ainsi que, si

(x) voir page 23.

émission de rayonnement il y a, elle est inférieure a) à 1 quantum pour 10^4 paires d'ions HCl et NaOH en réaction ; b) à 1 quantum pendant la production électrolytique de $3 \cdot 10^{12}$ paires d'ions dans l'eau salée. c) à 500 quanta/cm²/sec à partir d'Escherichia Coli.

Discussion des résultats :

Là aussi, comme avec les détecteurs biologiques, on ne peut qu'être frappé par l'aspect contradictoire des résultats obtenus avec des appareils analogues. Hollaender (6) pose la question, et il lui est difficile de penser que les auteurs ayant obtenu des résultats positifs aient eu des compteurs plus sensibles que les siens. Et au facteur de chance invoqué par Audubert dans la fabrication de compteurs très sensibles, il réplique par la possibilité de fautes de technique à l'origine des résultats positifs. Il semble bien que les expériences de Hollaender en 1937, constituent la dernière tentative systématique de ce genre, d'approche expérimentale du problème des "rayons mitogénétiques" (indépendamment d'ailleurs de la question de leur action mitogénétique proprement dite). Mais depuis, d'autres expériences ont été faites dans des domaines strictement chimiques, à l'aide de ces photocompteurs, confirmant l'existence de chimiluminescence ultra-violette à partir de nombreuses réactions chimiques (28, 29, 30, 31, 32, 33, 54). D'autres expériences enfin, n'ont eu de commun avec le problème qui nous préoccupe, que le fait qu'il s'agissait de mettre en évidence et d'étudier un rayonnement ultra-violet à l'aide de compteurs photoélectriques ; notamment celles menées par R. O. Prudhomme en 1949 (51)

et R.O. Prudhomme et R.H. Busso en 1952 (52) sur la photogenèse ultraviolette dans l'eau soumise aux ultrasons, par R.H. Busso en 1952 (55) sur la photogenèse ultraviolette dans la combustion du graphite, par Madame S. Lormeau-Loustéau en 1955 (56) sur l'émission ultra-violette dans les mélanges gazeux soumis à l'action des particules α , R.O. Prudhomme et Th. Guilmart en 1957 (53) sur la photogenèse ultraviolette par irradiation ultra-sonore de l'eau en présence de gaz rares.

De tout cela il ressort :

a) que l'on ne dispose pas actuellement d'autres appareils que les compteurs photo-électriques du type de ceux de Audubert pour la mise en évidence et l'étude de rayonnements ultra-violets de faibles intensités.

Le domaine des photomultiplicateurs, appareils extrêmement sensibles ne va malheureusement pas jusqu'aux ultra-violets de faibles longueurs d'ondes en dehors de cas où des modifications leur sont apportées, qui entraînent alors une grosse diminution de leur sensibilité. C'est pourquoi, les études sur les faibles intensités d'ultra-violets ont dû être menées, jusqu'en 1957 en tous cas, à l'aide de compteurs photo-électriques type Audubert.

b) que la solution des problèmes techniques posés par la construction et l'utilisation de ces compteurs aux premiers expérimentateurs, n'a presque pas progressé. J. Mattler (57) en 1943 a mis au point une méthode de mesure de la sensibilité un peu plus précise que celle de Audubert, utilisant une solution filtre de CrO_4K_2 : cette substance a un minimum d'absorption très aigu à 2300 Å et supprime donc, de part et d'autre, toute lumière parasite du faisceau monochromatique obtenu avec

un monochromateur en quartz. Et il a établi ainsi qu'il était possible, avec les meilleurs compteurs, de déceler un rayonnement correspondant à 50 photons/cm²/sec. Mais les facteurs influant sur la sensibilité des compteurs n'ont pu être précisés, en dehors de certaines données sur la forme des électrodes et la différence de potentiel entre les électrodes, et cette sensibilité est tout aussi inconstante pour différents compteurs et pour un même compteur ; on en est toujours en quelque sorte au "facteur chance" invoqué par Audubert. Enfin, les causes de décharges spontanées à l'obscurité sont encore très mal connues et ces décharges constituent un gros facteur d'imprécision, que l'on a tenté de réduire aux environs de 10 coups par minute, en réduisant la différence de potentiel entre les électrodes : mais ceci a pour effet de diminuer la sensibilité.

Pour toutes ces raisons, les mesures de sensibilité des compteurs et les appréciations de l'intensité soit du rayonnement mis en évidence soit de limites supérieures, appréciations si différentes suivant les auteurs, peuvent valablement être contestées ; et ceci apparaît encore plus lorsqu'on compare sur le tableau les mesures de sensibilité des compteurs, exprimées en ergs/cm²/sec. aux intensités estimées : on voit que la plupart des auteurs estimaient des intensités de l'ordre de quelques dizaines ou quelques quanta/cm²/sec. avec des compteurs dont la sensibilité ne dépassait pas 10^{-4} ergs/cm²/sec, alors que Audubert et , plus tard, Mattler ne pouvaient estimer des intensités du même ordre qu'avec des compteurs sensibles à 10^{-7} ergs/cm²/sec au moins, et à 10^{-9} , 10^{-11} même pour certains compteurs.

C'est pourquoi, en conclusion, il semble bien que l'on puisse accepter la réalité des résultats positifs obtenus et que l'on puisse attribuer les résultats négatifs à une surestimation de la sensibilité des compteurs utilisés.

°°°

. III.- LES SOURCES

-:-

Très nombreuses furent les sources présumées de rayonnement, expérimentées avec plus ou moins de bonheur, par les différents auteurs, tant au moyen de détecteurs biologiques que physiques. Ce fut d'abord une grande quantité de matériel biologique dans lequel certaines réactions métaboliques étaient soupçonnées être la source de ce rayonnement. Mais très souvent, c'est du matériel biologique très évolué et complexe qui a été expérimenté, et dans ces cas, la présomption quant à la réaction métabolique en cause repose sur des bases très faibles.

C'est ainsi que des cultures de microorganismes tels des bactéries (*Bacterium tumefaciens*, *Escherichia Coli*), des staphylocoques, des ferments lactiques, des levures, des champignons furent très souvent expérimentés. On doit remarquer qu'un rayonnement n'a pu être détecté à partir de ces sources, le plus souvent, que par des méthodes biologiques (J. Magrou (17), O. Rahn (10), Wolff et Ras (7) (8), etc...) tandis que ces mêmes sources ne donnaient le plus souvent que des résultats négatifs, exposés aux compteurs photoélectriques (x).

(x) voir tableau p. 43

Avec des oeufs d'organismes évolués, on observe quelques exceptions : alors que les méthodes biologiques découvraient un rayonnement à partir d'oeufs d'oursins, de spermatozoaires, que ne confirmèrent pas ensuite des expériences avec photocompteurs, des grains de blé en germination (Petri), des oeufs de Discoglosses en cours de développement (Audubert) (24) furent reconnus - au moins par ces auteurs - comme sources de rayonnement ultra-violet, avec les difficultés que l'on sait, d'ailleurs, pour les oeufs de Discoglosses (*).

Enfin, avec des organismes plus complexes, racines et pulpes d'oignons, sang, tissus carcinomateux divers, muscle de grenouille en contraction, muscle broyé, coeur de grenouille en fonctionnement, nerf sciatique de grenouille excité, les résultats sont beaucoup plus contradictoires avec les 2 types de méthodes : tant avec les méthodes biologiques, qu'avec les photocompteurs, certains auteurs; ont eu des résultats positifs et d'autres négatifs.

Il faut cependant noter que les auteurs se présentent comme n'ayant publié chacun que des résultats positifs ou que des des résultats négatifs et que malgré la distinction qui nous est apparue entre les différents types de sources expérimentées, les contradictions dans les résultats apparaissent à première vue liés aux expérimentateurs au moins autant qu'aux sources. Cette distinction nous paraît pourtant devoir être retenue car plusieurs auteurs n'expérimentèrent chacun qu'un petit nombre de sources ; et d'autant plus qu'elle nous conduit à envisager maintenant les réactions chimiques in vitro avec lesquelles les

(*) voir plus haut, page 48.

résultats furent le plus souvent et le plus facilement positifs. Très tôt, beaucoup d'auteurs avaient pensé que le rayonnement de cellules vivantes ou d'extraits d'organes, si rayonnement il y a, devait être attribué à des réactions du métabolisme de ces cellules. Et les premiers expérimentateurs des rayons mitogénétiques, cités par J. Magrou (16), avaient constaté que le sang asphyxié perdait son pouvoir mitogénétique et attribuaient ce pouvoir aux réactions d'oxydation ; dans le cas des tissus cancéreux à la glycolyse intense, et dans celui des tissus cancéreux nécrosés, où la glycolyse est insignifiante, à la protéolyse cellulaire.

Frank et Popoff (58), avaient montré que l'effet mitogénétique du muscle sartorien de grenouille, excité électriquement, sur des cultures de levures, ne se produisait que pendant la phase de latence qui précède la contraction du muscle, et attribuaient cet effet à la glycolyse qui s'effectue pendant cette phase. C'est ainsi que naquit l'idée de rechercher cet effet à partir de réactions in vitro et J. Magrou (16) cite les expériences de Karpas à partir de la digestion peptique ou tryptique des albumines.

J. Magrou (16) lui-même, mit ensuite en évidence une action à distance exercée sur les oeufs d'oursins par des substances chimiques en voie d'oxydation, analogue à celle qu'il avait étudiée à partir de suspensions microbiennes ; ce fut

- l'oxydation du glucose par l'eau oxygénée, par le permanganate, le bichromate, le ferri-cyanure de Potassium ;
- la réoxydation spontanée au contact de l'air de matières colorantes telles que le

bleu de méthylène ou la phénosafranine ;
- l'oxydation diastasique de l'hydroquinone
par la peroxydase en présence d'eau oxygénée.

J. Magrou attribuait cette action à distance sur les oeufs d'oursins à un rayonnement ; nous avons vu les discussions sur cette question.

Mais, par la suite, d'autres auteurs décelèrent ce rayonnement au moyen de photocompteurs et Barth (48) obtenait en 1934 des résultats positifs à partir de réactions de digestion peptique ou trypsique (*).

Audubert (26) publiait en 1936 la liste suivante, de réactions chimiques ayant émis un rayonnement ultra-violet décelé par ses photocompteurs :

- oxydation de l'hydrosulfite, du pyrogallol, des alcools, par l'acide chromique,
- décomposition de l'eau par les amalgames de K, Na, Am, Mg,
- oxydation à l'air de l'aluminium,
- oxydation anodique de Al, Mg, Ta, Si.
- neutralisation des acides forts (SO_4H_2 , NO_3H) par des bases fortes (NaOH, KOH)
- oxydation de l'oxalate de potassium par le bromure et par l'iode.
- oxydation du glucose par le permanganate.
- oxydation des sulfites de sodium et de potassium par l'air,

auxquels il ajouta ensuite (29) :

- la déshydratation et l'hydratation du sulfate de quinine par chauffage ou par refroidissement.

(*) voir plus haut, page 42.

Ces phénomènes peuvent être rapprochés des chimiluminescences visibles d'autres réactions chimiques telles que l'oxydation du phosphore ou de certains composés organomagnésiens (R. O. Prudhomme, (54)). Et si, dans ces réactions, le rendement photogénique, c'est-à-dire le rapport du nombre de photons émis au nombre de molécules décomposées dans le même temps, est extrêmement faible, de l'ordre de 10^{-14} à 10^{-15} (R.O. Prudhomme (54)) on découvrit plus tard par la même méthode, d'autres réactions où le nombre de photons émis est beaucoup plus élevé, et qui de ce fait se sont prêtés à des études quantitatives :

- cristallisation de ClNa et ClK (54)
- dissociation thermique de l'acide azohydrique et de la plupart de ses sels (Audubert et C. Racz (30)), accompagnée elle aussi d'une émission visible (54),
- électrolyse en solution des azotures alcalins et de l'acide azothydrique (Audubert et E.T. Verdier (31))
- oxydation du carbone à haute température (Audubert et C. Racz (32) (33)) et R.H. Busso (55)).

Aussi, bien que d'autres auteurs, tels Hollaender en 1937 (6), ne réussirent jamais à déceler le moindre rayonnement même à partir de quelques réactions chimiques, il est difficile de rejeter l'existence d'une chimiluminescence ultraviolette à partir de très nombreuses réactions chimiques in vitro, sans qu'il soit permis, évidemment, d'attribuer à ce rayonnement, une action mitogénétique quelconque.

IV.- CARACTERISTIQUES ATTRIBUEES A CES RAYONNEMENTS

-:-

1° - Propriétés physiques

a) Longueur d'onde. Dans toutes les expériences positives, la longueur d'onde des radiations mises en évidence tant à partir de matériel biologique que de réactions chimiques, est comprise entre 1900 et 2500 Å. Elle a été appréciée de différentes façons. Dès le début, le fait que l'interposition de verre arrêtaient les phénomènes mitogénétiques et non celle de quartz avait orienté vers le domaine de l'ultra-violet; puis l'école de Gurwitsch avait constaté que des filtres arrêtaient les rayons au-dessous de 2600 Å, arrêtaient les phénomènes mitogénétiques. Nous ne parlerons pas des analyses spectrales, publiées par cette école dès 1934 (3). Mais, à l'aide des photo-compteurs, et de la sensibilité spectrale particulière des différentes cathodes utilisées, on a pu avoir des ordres de grandeur plus précis, et même constater que chaque réaction chimique émet dans une bande caractéristique de cette réaction (23) (26) (54). Mais on doit remarquer que ces longueurs d'onde, entre 1900 et 2500 Å ne sont pas exclusives et Audubert (26) notait que la mesure de la sensibilité spectrale des cellules n'avait pu être effectuée au-dessous de 2000 Å, et que l'on ne pouvait pas savoir si le rayonnement des réactions chimiques n'existe pas au-dessous de cette longueur d'onde.

b) Intensité

Nous avons vu qu'elle est très faible et, à l'aide des photocompteurs, elle a été appréciée à 10 à 1000 photons/cm²/sec. C'est cette

intensité vraiment minime qui est à l'origine des difficultés rencontrées dans la mise en évidence de ce rayonnement, et des contestations sur l'existence même d'un rayonnement. Toutefois, du fait qu'il s'agit d'Ultra-Violets, ces intensités impliquent une énergie beaucoup plus grande que celle mise en jeu dans les réactions chimiques, et dès 1936, Audubert (26) posait la question de l'origine de cette énergie ; dans certains cas, on y a répondu par la mise en évidence de molécules actives formées au moment de la réaction et dont l'inactivation était à l'origine de cette énergie (55).

2° - Propriétés biologiques

C'est par la mise en évidence d'une augmentation du nombre des mitoses que l'on découvrit le phénomène, et pendant longtemps la question de l'action mitogénétique du rayonnement n'était pas séparée de celle de son existence même. C'est ainsi que les premiers auteurs décrivaient ce rayonnement comme capable d'agir "sur des tissus animaux ou végétaux, des cultures microbiennes ou des oeufs en y faisant apparaître des divisions cellulaires en excès" (cités par J. Magrou (16)).

On parla aussi de "dépression mitogénétique" et Gurwitsch (3) rapportait des expériences dans lesquelles on avait constaté un arrêt des divisions cellulaires.

Nous avons vu (x) comment J. Magrou rapprochait d'une action mitogénétique l'action sur les oeufs d'oursins.

Mais grâce à l'utilisation des photo-compteurs, il a été possible de dissocier le problème de l'existence d'un rayonnement de celui de son action mitogénétique et Audubert

(x) voir plus haut p. 28.

pouvait déclarer que rien ne permettait de penser que le rayonnement ultra-violet des réactions chimiques et de certains phénomènes biologiques avait une action mitogénétique.

De plus, la question se pose de la possibilité théorique d'une telle action : comme le soulignait A. Dognon (35) en 1936, il est difficile de concevoir que de si faibles intensités aient un tel effet et plusieurs théories ont été avancées pour en rendre compte : action catalysante, et surtout rayonnement secondaire émis par les substances organiques lorsqu'elles sont elles-mêmes irradiées, constituant ainsi une sorte de réaction en chaîne; certains auteurs, parmi lesquels Wolff et Ras (9) auraient mis en évidence un tel rayonnement secondaire d'une solution de glucose elle-même soumise à l'action à distance d'une source biologique.

Quoi qu'il en soit, cette question de la possibilité théorique d'un effet mitogénétique de radiations d'une si faible intensité, peut être tranchée par la mise au point d'expériences de contrôle : une lumière ultra-violette artificielle, de longueur d'onde et d'intensité du même ordre que celles mises en évidence à partir des sources biologiques et chimiques, est-elle capable d'avoir une action sur du matériel biologique ? Il semble que très peu d'auteurs se soient attachés à répondre à cette question. Pourtant Chariton Frank et Kannegiesser (59) d'une part, Ruyssen (60) d'autre part ont obtenu une réaction de stimulation du matériel biologique par une lumière ultra-violette artificielle de longueur d'onde inférieure à 2600 Å. Au contraire, Richards et Taylor (61), Seyfert (49) ont publié des résultats négatifs d'expériences analogues; de toutes façons, pour le premier

groupe d'auteurs, 10^8 quanta/cm² de lumière ultra-violette artificielle étaient nécessaires pour produire une action stimulante, soit 100.000 fois plus que les 1000 quanta/cm² des radiations mises en évidence par les photocompteurs. Et ces auteurs émettaient l'hypothèse que les combinaisons de longueurs d'onde particulières, émises par les sources biologiques étaient beaucoup plus efficaces ! Hollaender (6) refit ces expériences avec une radiation produite par un arc à hydrogène passant à travers un monochromateur (2300 Å) et mesurée par un compteur type Geiger Muller, qu'il faisait tomber sur une culture d'*Escherichia Coli* pendant 5 à 100 secondes. Ce n'est qu'avec des intensités de 50.000×10^{12} quanta/cm²/sec. qu'il observa des effets pouvant être interprétés comme une stimulation, soit une énergie de plusieurs millions de fois celle attribuée aux rayons dit "mitogénétiques".

V.- CONCLUSIONS

-:-

Au terme de cette étude, le seul fait établi, malgré toutes les réserves que l'on peut faire, est l'émission d'une radiation ultra-violette de longueur d'onde s'échelonnant entre 1900 et 2500 Å, d'intensité de l'ordre de 10 à 1000 quanta/cm²/sec. par de très nombreuses réactions chimiques et par quelques sources biologiques.

Les réserves que l'on peut faire, viennent des obstacles rencontrés dans la reproductibilité des expériences, dûs eux-mêmes essentiellement au fait que l'utilisation des compteurs photo-électriques est très délicate et pas encore au point, vingt huit ans après leur découverte, et que ce sont encore les seuls appareils susceptibles de déceler ces radiations.

Mais rien ne permet d'apprécier l'action biologique que peuvent avoir ces radiations, ni même de savoir si elles en ont une. Et tout porte à croire qu'elles ne sont pas suffisantes pour avoir un effet mitogénétique, et que cet effet, découvert à partir des mêmes sources par des récepteurs biologiques, ou bien n'existe pas, ou bien doit être attribué à d'autres phénomènes, tels que vapeurs, ou même un autre rayonnement dont peut-être la radiation ultra-violette serait un phénomène d'accompagnement.

Quoi qu'il en soit, tout ceci ne pourrait être précisé que par une reprise des expériences qui devra impliquer :

- une amélioration de la technique des photocompteurs - ou d'autres appareils à mettre au point -, telle que les expériences puissent être plus facilement reproductibles.

- une confrontation précise et serrée des résultats obtenus par les différentes méthodes de détection, ainsi que par des expériences de contrôle à partir de sources artificielles.

-:-

Vu :
Le Président :
signé : A. DOGNON

Vu :
Le Doyen :
signé : L. BINET

Vu et Permis d'Imprimer
Le Recteur de l'Académie de Paris
signé : Jean SARRAILH

BIBLIOGRAPHIE

-:-

- 1 - GURWITSCH - Archiv. mikrosk. Anat. U. Ent. mech. 100 11 (1923)
- 2 - GURWITSCH et A. ANIKIN - Arch. f. Entw. Mech. t. XXIX. p. 220 1929
- 3 - A. et L. GURWITSCH - Actualités scientifiques et industrielles 150 1934
- 4 - GURWITSCH - Die mitogenetische Strahlung (J. Springer 1932)
- 5 - A. HOLLAENDER - Journal of Optical Society of America 1935 25 270
- 6 - A. HOLLAENDER - Bull. Natl. Research. Council N° 100 1937 p. 75-88
- 7 - WOLFF et RAS - Ztrbl. f. Bakt. I 123 258 (1931)
- 8 - WOLFF et RAS - Archiv. Sci. Biol. Med. Exp. (Leningrad 35 51 (1934)
- 9 - WOLFF et RAS - Ztrbl. f. Bakt. I 128 305 (1933)
- 10 - O. RAHN - Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 2 226 1934

- 11 - TUTHILL et O. RAHN - Archiv.Sci.Biol.
Med.Exp. (Leningrad) 35 289 (1934)
- 12 - A. NAVILLE - Revue Suisse de Zool.
t. XXXVI p. 213 1929 et Arch.Sc.phys.
et nat. de Genève 5e période t. XI
p. 129 du supplément 1929
- 13 - C. MAXIA - Monitore Zool.Ital. t. XL p.115
1929
- 14 - S. SALKIND, A. POTOZKY et I. ZOGLINA -
Arch.f.Entw. Mech. t. CXXI p. 630 1930
- 15 - H. GESENIUS - Biochem.Zeitschr. T. CCXII
p. 240 1929
- 16 - J. MAGROU - Presse Médicale avril 1931
- 17 - J. MAGROU - Titres et Travaux Scientifi-
ques 1943
- 18 - J. MAGROU et REISS - C.R.A.des Sci. 1931
t. 193 p. 609
- 19 - N. CHOUCROUN - La Science et les radia-
tions fantomatiques - Cahiers rationa-
listes 1937
- 20 - N. CHOUCROUN - C.R.A.des Sci. 1931
t. 192 p. 1674
- 21 - SCHREIBER et FRIEDRICH - Biochem.Zeits.
227 386 1930
- 22 - B. RAJEWSKY - Zeitsf.Physik 63 576 (1930)
et Ann.d.Physik 20 13 1934
- 23 - R. AUDUBERT et VAN DOORMAAL - C.R. A.
des Sci. 19 juin 1933
- 24 - R. AUDUBERT et R. LEVY - C.R. A. des
Sci. 16 juillet 1935

- 25 - R. AUDUBERT et R. LEVY - C.R.A.des Sci.
6 mai 1935
- 26 - R. AUDUBERT - Journal de Chimie Physique
1936 33 507
- 27 - R. AUDUBERT - C.R.A. des Sci. 1935 1
200 918
- 28 - R. AUDUBERT et O. VIKTORIN - C.R.A.
des Sci. 1936 202 1504
- 29 - R. AUDUBERT - C.R.A.des Sci. 1936 202
1047
- 30 - R. AUDUBERT et C. RACZ - C.R.A.des Sci.
1939 208 1810
- 31 - R. AUDUBERT et E.T. VERDIER - C.R.
A.des Sci. 1939 208 1984
- 32 - R. AUDUBERT et C. RACZ - C.R.A.des Sci.
1944 218 752
- 33 - R. AUDUBERT et C. RACZ - Bull.Soc.Chim.
1945 12 n° 49 318
- 34 - G. PROTTI - Radiobiologia 1 61 1932
- 35 - A. DOGNON - Presse Médicale 4 avril
1936
- 36 - REITER et GABOR - Zellteilung und
Strahlung (J.Springer 1928)
- 37 - STEMPELL - Die unsichtbare Strahlung
der Lebewesen (G. Fischer Jena 1932)
- 38 - STEMPELL et ROMBERG - Protoplasma 13
28 (1931)

- 39 - MARDASCHEW et MOGLIEWSKY - Biochem. Zeits. 265 28 (1933)
- 40 - SIEBERT - Biochem. Zeits. 4 31 (1930)
et Strahlentherapie 40 780 (1931)
- 41 - SIEBERT et SEFFERT - Die Naturwissenschaften 1933 H. 9 et Archiv. Biologitscheskich Nauk
- 42 - JEANNENEY, WANGERMEZ et LADIGNAC - Presse Médicale Avril 1941
- 43 - LOOS - Jahrbuch f. wiss. Botanik 72 611 (1930)
- 44 - ROSSMANN - Archiv. f. Entwicklungsmech. 113 346 (1928)
- 45 - TYLOR et HARVEY - Biol. Bull. 61 280 (1931)
- 46 - LORENZ - J. Gen. Physiol. 17 843 (1934)
- 47 - FRANK et RODIONOV - Biochem. Zeits. 249 323 (1932)
- 48 - BARTH - Arch. Sci. Biol. Med. Exp. 35 29 (1934)
- 49 - SEYFERT - Jahrbuch f. wiss. Botanik 76 747 1932
- 50 - KREUCHEN et BATEMAN - Protoplasma 22, 234 (1934)
- 51 - R.O. PRUDHOMME - J. Chim. Phys. 46 n° 78 1949 p. 318
- 52 - R.O. PRUDHOMME et R.H. BUSSO - C.R.A. des Sci. t. 235 p. 1486 1952

- 53 - R.O. PRUDHOMME et Th. GUILMART - J.Chim.
Phys. 1957 p. 336
- 54 - R.O. PRUDHOMME - La Chimiluminescence et
ses Méthodes de détection -
Thèse Faculté des Sciences de Paris 1955
- 55 - R.H. BUSO - J.Chim.Phys. t. 50 n° 1 1953
- 56 - S. LORMEAU-LOUSTEAU - C.R.A. des Sci.
t. 240 1955 p. 768
- 57 - J. MATTLER - C.R.A. des Sci. 1943 216
760-722
- 58 - FRANK et POPOFF - C.R.A. des Sci. 8 avril
1929
- 59 - CHARITON, FRANK et KANNEGIESSER -
Naturwiss. 18 411 (1930)
- 60 - RUYSEN - Acta brev.neerl.Physiol. 3 141
(1933)
- 61 - RICHARDS et TAYLOR - Biol.Bull. 63 113
1932

